

**ANALISIS PEMELIHARAAN DAN PENEMPATAN
LIGHTNING ARRESTER BAY BAWEN 2 GARDU INDUK 150
KV KLATEN**



**Disusun sebagai salah satu syarat menyelesaikan Program Studi Strata I
pada Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik**

Oleh:

IZZAN JULDA DE PURWADI PUTRA

D400150046

**PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SURAKARTA**

2019

HALAMAN PERSETUJUAN

**ANALISIS PEMELIHARAAN DAN PENEMPATAN *LIGHTNING ARRESTER*
BAY BAWEN 2 GARDU INDUK 150 KV KLATEN**

PUBLIKASI ILMIAH

oleh:

IZZAN JULDA DE PURWADI PUTRA

D400150046

Telah diperiksa dan disetujui untuk diuji oleh:

Dosen Pembimbing



Aris Budiman, ST.MT

NIP. 885

HALAMAN PENGESAHAN

ANALISIS PEMELIHARAAN DAN PENEMPATAN *LIGHTNING ARRESTER*
BAY BAWEN 2 GARDU INDUK 150 KV KLATEN

OLEH

IZZAN JULDA DE PURWADI PUTRA

D400150046

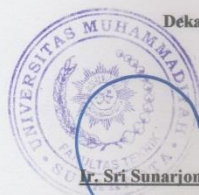
Telah dipertahankan di depan Dewan Penguji
Fakultas TEKNIK
Universitas Muhammadiyah Surakarta
Pada hari Jumat, 16-9-2019
dan dinyatakan telah memenuhi syarat

Dewan Penguji:

1. Aris Budiman, ST.MT
(Ketua Dewan Penguji)
2. Agus Supardi, ST.MT
(Anggota I Dewan Penguji)
3. Umar, ST.MT
(Anggota II Dewan Penguji)

(.....)
(.....)
(.....)

Dekan,



Dr. Sri Sunariono, M.T, Ph. D

NIK. 628

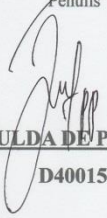
PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa dalam naskah publikasi ini tidak terdapat karya yang pernah diajukan untuk memperoleh gelar kesarjanaan di suatu perguruan tinggi dan sepanjang pengetahuan saya juga tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan orang lain, kecuali secara tertulis diacu dalam naskah dan disebutkan dalam daftar pustaka.

Apabila kelak terbukti ada ketidakbenaran dalam pernyataan saya di atas, maka akan saya pertanggungjawabkan sepenuhnya.

Surakarta, 16 Agustus 2019

Penulis


IZZAN JULDA DE PURWADI PUTRA

D400150046

ANALISIS PEMELIHARAAN DAN PENEMPATAN *LIGHTNING ARRESTER* BAY BAWEN 2 GARDU INDUK 150 KV KLATEN

Abstrak

Gardu induk merupakan bagian dari sistem kelistrikan yang berfungsi untuk mentransformasi daya listrik dari 150 kV menjadi 20 kV untuk disalurkan kepada konsumen. Pengoperasian gardu induk mempunyai beberapa peralatan untuk menunjang kinerjanya. Salah satu sistem proteksi adalah *lightning arrester* atau disingkat arrester berfungsi untuk melindungi peralatan listrik lain dari tegangan surja baik surja hubung maupun surja petir. Pada keadaan normal, *arrester* berlaku sebagai isolator saat terkena surja petir atau surja hubung *arrester* berlaku sebagai konduktor dengan tahanan yang relatif rendah dan dapat mengalirkan arus surja ke tanah. *Arrester* harus cepat menjadi isolator agar tidak membuat pemutus tenaga (PMT) membuka atau *trip off* setelah surja hilang. Pemeliharaan *lightning arrester* dilakukan dengan melakukan pengukuran tahanan insulasi, tahanan pentanahan, dan *thermovisi* dengan menggunakan kamera. Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui bagaimana kehandalan dan kelayakan *lightning arrester* pada gardu induk 150 kV Klaten setelah dilakukan pemeliharaan dan analisis penempatannya. Hasil penelitian pada *arrester* gardu induk Klaten masih dalam kondisi yang baik dan handal. Pada pengujian tahanan insulasi terdapat perbedaan pada 2 tahun terakhir namun kondisi tersebut masih dalam batas nominal yang wajar. Pada analisis perhitungan penempatan *arrester* terdapat perbedaan sebesar 5.5 meter dari hasil perhitungan dan pengukuran, tetapi tidak mempengaruhi kinerja dari *lightning arrester*.

Kata Kunci : *lightning arrester*, *thermovisi*, tahanan insulasi, tahanan pentanahan, penempatan *aresster*

Abstract

The substation is part of an electrical system that functions to transform electrical power from 150 kV to 20 kV to be distributed to consumers. In its operation the substation has several equipment to support its performance. One of the protection systems is a lightning arrester or abbreviated as an arrester which functions to protect other electrical equipment from voltage surges whether connecting surges or lightning surges. Under normal circumstances the arrester acts as an insulator, when exposed to lightning surges or arrester surge lightning arrester act as conductors with relatively low resistance and can conduct surge current to the ground. Arrester must quickly become an insulator so as not to make the circuit breaker (CB) open or trip off after the surge is gone. Maintenance of lightning arresters is done by measuring insulation resistance, earth resistance, and thermovision using a camera. This research was conducted to find out how the reliability and feasibility of the lightning arrester at the 150 kV substation Klaten after maintenance and placement analysis. The results of the research on the Klaten substation arrester are still in good and reliable condition. In testing insulation resistance there are differences in the last 2 years but the conditions are still within reasonable nominal limits. In the analysis of the calculation of the arrester placement there is a difference of 5.5 meters from the results of

calculations and measurements, but does not affect the performance of the lightning arrester.

Keywords: lightning arrester, thermovisi, insulation resistance, grounding resistance, arrester placement

1. PENDAHULUAN

Gardu induk merupakan bagian dari sistem kelistrikan yang berfungsi untuk mentransformasi daya listrik dari 150 kV menjadi 20 kV untuk disalurkan kepada konsumen. Pengoperasian gardu induk mempunyai beberapa peralatan untuk menunjang kinerjanya. Salah satu peralatan proteksinya adalah *lightning arrester* atau disingkat *arrester* yang berfungsi untuk melindungi peralatan listrik pada gardu induk dari tegangan surja baik surja hubung maupun surja petir (PT. PLN (PERSERO), 2014). Pada keadaan normal *arrester* berlaku sebagai isolator, saat terkena surja petir atau surja hubung *arrester* berlaku sebagai konduktor dengan tahanan yang relatif rendah dan dapat mengalirkan arus surja ke tanah. *Arrester* harus cepat menjadi isolator dan tidak membuat pemutus tenaga (PMT) membuka atau *trip off* setelah surja hilang. Sesuai dengan fungsinya *lightning arrester* melindungi dari surja petir dan surja hubung maka *arrester* ditempatkan pada ujung saluran tegangan tinggi yang masuk ke gardu induk dan ditempatkan sebelum memasuki trafo daya.

Pengoperasian sistem transmisi tenaga listrik diperlukan pemeliharaan secara rutin dan berkala untuk menjaga keandalan peralatan tersebut. Pemeliharaan dilakukan secara rutin dan berkala diharapkan kebutuhan energi listrik ke konsumen dapat terlayani dengan optimal. Terdapat faktor internal dan eksternal yang menyebabkan anomali pada transmisi gardu induk. Faktor internal adalah kurang efektifnya *arrester* sedangkan faktor eksternal dapat berupa *human error* dan karena adanya gangguan alam seperti gempa, petir, angin ribut, banjir dan lain-lain. Tingkat kepadatan petir di daerah Klaten cukup tinggi karena wilayah yang dikelilingi perbukitan dan letak Negara Indonesia di daerah tropis sehingga diperlukan penanggulangan yang serius dari gangguan surja petir. Salah satu yang sering terjadi di daerah Klaten adalah surja atau sambaran petir dan surja hubung. Petir sering menyebabkan gangguan dalam sistem 150 kV hingga 500 kV sedangkan pada sistem 20 kV hanya terjadi surja hubung.

Spesifikasi *arrester* sangat penting untuk diperhatikan agar sesuai dengan kebutuhan dari sistem tersebut sehingga *arrester* berfungsi sesuai dengan tugasnya. Penempatan *arrester* terhadap objek yang diproteksi (Transformator Daya) berpengaruh terhadap kualitas perlindungannya. Jarak maksimum *arrester* terhadap transformator agar proteksi tersebut efektif (Hajar I, 2017).

Surja mungkin merambat dalam konduktor saat adanya kegagalan sudut perlindungan petir, *backflashover* akibat pentanahan yang tinggi, proses *switching* maupun gangguan fasa-fasa ataupun fasa tanah. Alat ini bersifat sebagai *by pass* di sekitar isolasi yang membentuk jalan dan mudah dilalui oleh arus kilat, sehingga tidak timbul tegangan lebih pada peralatan. Jalan tersebut harus sedemikian sehingga tidak mengganggu sistem 50 Hertz (Bonggas T, 2003).

2. METODE

2.1 Studi Literatur

Tahap pertama penulis mengumpulkan berbagai referensi dari buku dan jurnal, serta penelitian sebelumnya yang berhubungan atau sebagai bahan pendukung teori untuk menyelesaikan penelitian.

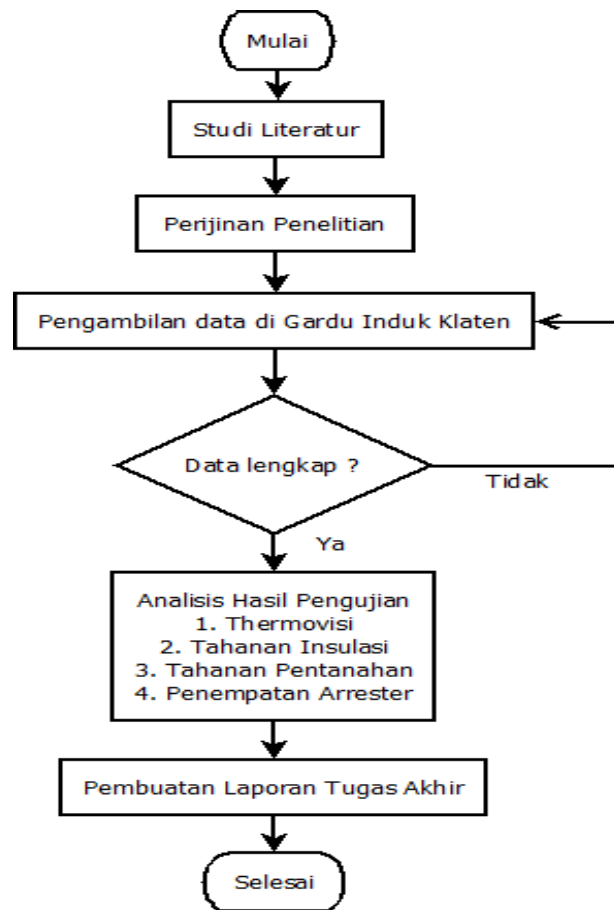
2.2 Pengambilan Data

Tahap kedua penulis mengumpulkan data sebagai pendukung penelitian ini yang ada di gardu induk 150 kV Klaten. Pengambilan data harus dengan prosedur yang telah ditetapkan oleh instansi terkait, yaitu dengan mengirimkan proposal dan surat izin pengambilan data dari pihak universitas. Setelah mendapat surat balasan dari instansi terkait lalu dilakukan proses pengambilan data yang sesuai dengan kebutuhan penelitian. Data yang dibutuhkan adalah data pemeliharaan *lightning arrester* dan pengukuran jarak *lightning arrester* penghantar ke trafo.

2.3 Analisis Data

Tahap ketiga penulis melakukan analisis data setelah semua data yang dibutuhkan sudah terkumpul. Data-data yang didapatkan akan dianalisis menggunakan persamaan-persamaan. Dalam menganalisis data yang didapatkan semua perhitungan dilakukan secara manual tanpa menggunakan metode apapun.

2.4 Flowchart Penelitian



Gambar 1. Flowchart Penelitian Tugas Akhir

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Data Pengukuran *Thermovisi*

Data hasil pengukuran *thermovisi* diambil sampel *lightning arrester* dengan merk EMP tipe MBA4-150 pada bay Bawen 2 di gardu induk 150 kV Klaten dengan menggunakan perangkat kamera *thermovisi*.

Tabel 1. Hasil pengukuran *thermovisi*

No	Obyek/Instalasi	Suhu klem saat shooting (°C)	Suhu konduktor saat shooting (°C)	Selisih suhu klem terhadap konduktor (°C)
1	Terminal LA Fasa R	24	24	0
2	Terminal LA Fasa S	24	24	0
3	Terminal LA Fasa T	24	24	0
4	Body LA Fasa R	24	24	0
5	Body LA Fasa S	24	24	0
6	Body LA Fasa T	24	24	0

Tabel 2. Rekomendasi hasil pengukuran suhu

No	Keterangan	Suhu (°C)	Rekomendasi
1	Batasan suhu klem terhadap konduktor	0 s/d 10	Kondisi baik
		> 10 s/d 25	Ukur 1 bulan lagi
		> 25 s/d 40	Rencanakan perbaikan
		> 40 s/d 70	Perbaikan segera
		> 70	Kondisi darurat
2	Batasan selisih suhu antarfasa	0 s/d 15	Kondisi baik
		> 15	Perbaikan segera
3	Batasan suhu klem saat shooting	0 s/d 39	Kondisi baik
		>= 40 s/d 69	Perbaikan segera
		>= 70	Kondisi darurat

Hasil pengukuran di atas dapat diketahui bahwa kondisi klem dan konduktor pada terminal maupun badan *lightning arrester* masih baik, karena suhu pengukuran kurang dari 39 °C dan selisih suhu antar fasa maupun antara klem dan konduktor belum melebihi 10 °C. Rekomendasi di atas berdasarkan dari PLN SK DIR 520 2014.

3.2 Data pengujian tahanan insulasi

Pengukuran nilai tahanan insulasi bertujuan untuk mengetahui kemampuan insulasi dari *lightning arrester* pada tegangan operasional. Titik pengujiannya ada pada 3 titik yaitu sebagai berikut :

- a. Tahanan insulasi *lightning arrester* dari terminal atas hingga ground
- b. Tahanan insulasi pada setiap *stack lightning arrester*.
- c. Tahanan insulasi *insulator*udukan / post *insulator*.

Tabel 3. Pengujian tahanan insulasi

Titik Ukur	Fasa R			Fasa S			Fasa T		
	Standard	Th. Lalu (MΩ)	Hasil Ukur (MΩ)	Standard	Th. Lalu (MΩ)	Hasil Ukur (MΩ)	Standard	Th. Lalu(MΩ)	Hasil Ukur (MΩ)
Atas – Bawah	1kV/1MΩ	100	427	1kV/1MΩ	891	>1000	1kV/1MΩ	100	734
Atas – Tanah		100	>1000		100	>1000		100	839
Tengah – Tanah									
Bawah – Tanah		722	>1000		840	>1000		100	937

Tabel 4. Rekomendasi hasil pengukuran tahanan insulasi

Nilai tahanan insulasi	Evaluasi	Rekomendasi lanjutan
>1GΩ	Kondisi dalam keadaan baik	Pemeriksaan dengan cara visual
<1GΩ	Terjadi degradasi fungsi Insulasi	<ol style="list-style-type: none"> 1. Lakukan pembersihan bagian yang diuji, lakukan pemeriksaan ulang 2. Jika hasil ukur tetap <1GΩ, rencana penggantian <i>lightning arrester</i> atau penggantian kedudukan insulator sesuai anomaly yang ditemukan

Pengukuran dilakukan menggunakan alat uji *megger tester* KYORITSU 3125 dengan tegangan uji sebesar 1 kV. Mengacu pada standar IEEE 43-2000 (1kV/1MΩ), maka tabel perbandingan tahanan insulasi dari tahun 2016 dan 2018 *lightning arrester* pada bay Bawen 2 dalam kondisi optimal meskipun terdapat peningkatan dalam hasil ukur disebabkan karena faktor usia peralatan, kondisi insulasi, banyaknya polutan dan seringnya peralatan diberi tegangan.

3.3 Data pengujian tahanan pentanahan

Pengukuran ini bertujuan untuk mengetahui kondisi sistem pentanahan *lightning arrester*. Nilai pentanahan yang tinggi menunjukkan adanya anomali pada sistem pentanahan *lightning arrester*.

Tabel 5. Pengujian tahanan pentanahan

Titik Ukur	Fasa R			Fasa S			Fasa T		
	Standard	Th. Lalu (Ω)	Hasil Ukur (Ω)	Standard	Th. Lalu (Ω)	Hasil Ukur (MΩ)	Standard	Th. Lalu (Ω)	Hasil Ukur (MΩ)
Tahanan Pentanahan	<1Ω	0,5	0,5	<1Ω	0,5	0,5	<1Ω	0,5	0,5

Tabel 6. Rekomendasi pengujian tahanan pentanahan

Nilai tahanan pentanahan	Evaluasi	Rekomendasi lanjutan
>1Ω	Kondisi dalam keadaan baik	Pemeriksaan dengan cara visual
<1Ω	Terjadi degradasi fungsi pentanahan <i>lightning arrester</i>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Lakukan pembersihan bagian yang diuji, yaitu kawat pentanahan termasuk mur, baut koneksi kawat pentanahan. 2. Lakukan pengukuran ulang. 3. Jika hasil ukur tetap <1Ω, rencana perbaikan system pentanahan **.

Berdasarkan pengujian dari data yang diambil tahanan pentanahan pada *lightning arrester* bay Bawen 2 dalam kondisi baik dan tidak ditemukan anomali.

3.4 Analisa optimasi penempatan *lightning arrester*

Penempatan *lightning arrester* harus sedekat mungkin dengan peralatan yang harus dilindungi. Tetapi untuk mendapatkan cakupan perlindungan yang optimal, maka *lightning arrester* ditempatkan pada jarak yang sudah ditentukan agar peralatan dapat terlindungi.

3.4.1 Jarak Maksimum Arrester Penghantar dan Arrester Trafo yang Dihubungkan dengan Saluran Udara

Lightning arrester melindungi peralatan-peralatan pada gardu induk terhadap surja petir dan surja hubung. Pada gardu induk, *arrester* memiliki jarak maksimum untuk dapat melindungi peralatan. Penempatan *arrester* tidak boleh lebih dari perhitungan persamaan jarak karena memiliki cakupan wilayah yang terbatas sehingga dengan menggunakan persamaan di bawah dapat ditentukan jarak cakupan *arrester*.

$$Ep = Ea + 2.A \frac{S}{v} \quad (1)$$

Dengan :

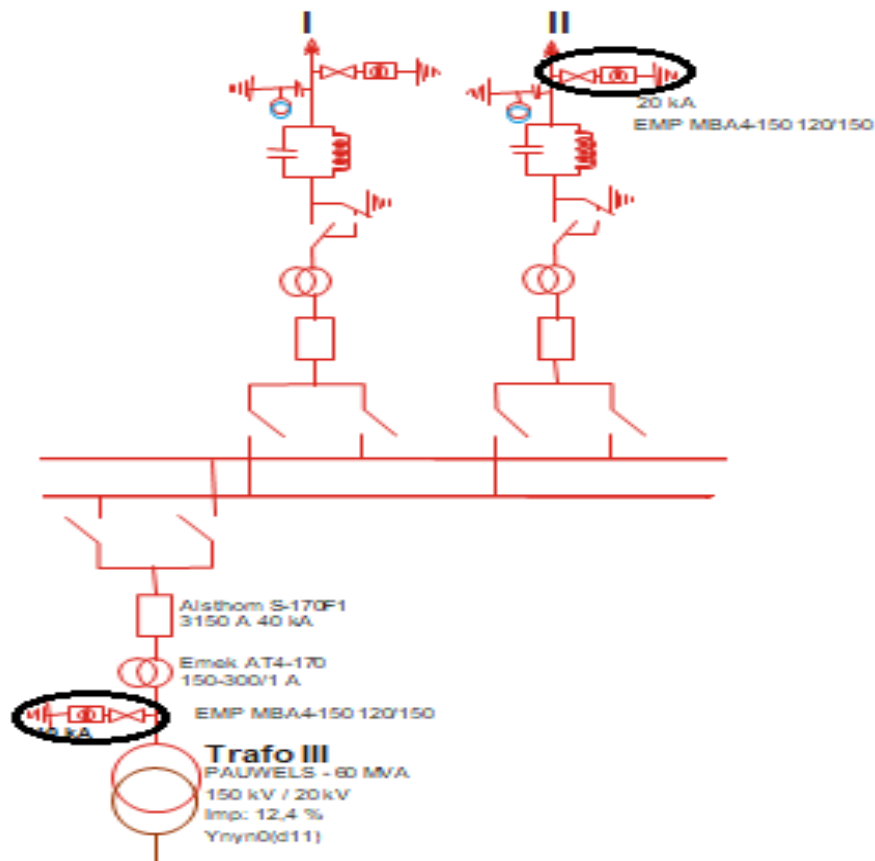
Ep = tingkat isolasi dasar trafo (kV)

Ea = tegangan pelepasan arrester (kV)

A = kecuraman gelombang (kV/ μ s)

S = jarak antara arrester penghantar dengan arrester transformator (m)

v = kecepatan merambat gelombang (m/ μ s)



Gambar 2. Single Line Diagram Bay Bawen 2

Jadi menggunakan persamaan (1) jarak cakupan *lightning arrester* dapat dihitung

$$Ep = Ea + 2 \cdot A \cdot \frac{S}{v} \quad (2)$$

Diketahui :

- Ep = 650 kV = SPLN : 1978 Bagian 4
- Ea = 460 kV = SPLN : 1978 Bagian 4
- A = 1000 kV/ μ s = (*Recommendation for Lightning Arrester, 99*)
- v = 300 m/ μ s = Kecepatan rambat gelombang

Ditanya = Jarak arrester penghantar dengan arrester trafo (S) ?

Jawab =

$$650 = 460 + 2 \left(\frac{1000 S}{300} \right)$$

$$= 28.5 m$$

Jarak dari perhitungan *arrester* penghantar dengan *arrester* trafo adalah 28.5 meter, sedangkan jarak pada lapangan sejauh 34 meter, dari hasil perhitungan terdapat perbedaan pada jarak lapangan dan perhitungan dengan selisih 5.5 meter. Kenyataan di lapangan, perbedaan jarak tidak mempengaruhi kinerja dari *lightning arrester* dan masih dapat melindungi peralatan yang terdapat pada gardu induk 150 kV Klaten.

4. PENUTUP

4.1. Kesimpulan

Berdasarkan analisis pemeliharaan *lightning arrester* dan perhitungan jarak *arrester* pada gardu induk 150 kV Klaten, dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

- 1) *Lightning arrester* pada gardu induk sangat penting, karena semua peralatan pada gardu induk harus dilindungi untuk menunjang kinerjanya.
- 2) *Lightning arrester* atau disingkat *arrester* berfungsi untuk melindungi peralatan listrik lain dari tegangan surja baik surja hubung maupun surja petir.
- 3) Berdasarkan pengujian *thermovisi*, tahanan insulasi, dan tahanan pentanahan, kondisi *lightning arrester* pada gardu induk 150 kV Klaten masih dalam kondisi baik sesuai dengan standar yang dipersyaratkan setelah dilakukan semua pengujian.
- 4) Terdapat peningkatan pada hasil pengujian tahanan insulasi tahun 2016 dan 2018 karena faktor usia peralatan yang menua, kondisi insulasi, banyaknya polutan dan seringnya peralatan diberi tegangan.
- 5) Pada hasil perhitungan jarak *arrester* juga berbeda dengan selisih 5,5 meter, namun tidak mempengaruhi kinerja dari *lightning arrester*. Faktor yang mempengaruhi adalah perbedaan ukuran lahan pada pembangunan gardu induk.

4.2. Saran

- 1) Perancangan gardu induk harus terdapat SOP yang mengatur luas lahan pembangunan gardu induk.

- 2) Jarak penempatan *lightning arrester* harus sesuai perhitungan dengan posisi penempatan peralatan.
- 3) Menanggulangi sambaran petir terhadap peralatan gardu induk, instalasi penangkal petir juga penting dipasang pada *switchyard*.

DAFTAR PUSTAKA

- IEEE Standard 998-1996. *IEEE Guide for Direct Lightning Lightning Stroke Shielding of Substations*; Anonim, 1996.
- IEEE Standard 43-2000. *IEEE Recommended Practice for Testing Insulation Resistance of Roating Machinery*. New York: Institut of Electrical and Electronics Engineers, Inc., 2000.
- Tobing, Bonggas L, 2003. *Peralatan Tegangan Tinggi*, PT Gramedia Pustaka Utama, Jakarta.
- Gultom, Togar Timoteus, 2017. *Optimasi Jarak Maksimum Penempatan Lightning Arrester Sebagai Proteksi Transformator Pada Gardu Induk*, Medan.
- Hajar, Ibnu, 2017. *Kajian Pemasangan Lightning Arrester Pada Sisi Hv Transformator Daya Unit Satu Gardu Induk Teluk Betung*, Jakarta.
- PT. PLN (PERSERO). 2014. *Buku Pedoman Pemeliharaan Lightning Arrester*, Jakarta.
- PT. PLN (PERSERO), 2014. *Himpunan Buku Pedoman Pemeliharaan Primer Gardu Induk*. Jakarta.
- PT. PLN (PERSERO), 2010. *Buku Pedoman Pemeliharaan dan Asesmen Kondisi Peralatan Sistem Tenaga*. Lightning Arrester, Jakarta
- PT PLN (PERSERO), 1981. *Buku Petunjuk Operasi & Memelihara Peralatan*, PT PLN Pembangkitan dan Penyaluran Jawa Bagian Barat, Jakarta.